
ESTIMASI SUMBERDAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) DALAM PEMENUHAN KEBUTUHAN LISTRIK DUSUN PULAU TIMUN, KABUPATEN LAHAT, PROVINSI SUMATERA SELATAN

Rudyanto Thayib¹, Stevanus Nalendra^{2}, Elisabet D. Mayasari²*

1. Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang.

2. Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang.

email: s.nalendra@unsri.ac.id

SARI

Sumatera Selatan memiliki wilayah perbukitan dengan potensi sungai yang dapat dikembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro (PLTMH) cukup besar, dan areal permukiman di daerah tersebut sebagian besar mempunyai keterbatasan pada jaringan listrik. Sehubungan dengan kondisi seperti itu, perhitungan sumberdaya PLTMH dari potensi Sungai Air Mannaijau tentunya akan meningkatkan produktifitas dan/atau kesejahteraan masyarakat di Dusun Pulau Timun, Kecamatan Tanjung Sakti, Kabupaten Lahat. Penelitian ini berbasis deskriptif-observatif yaitu berdasar pada hasil pengukuran lapangan, kemudian dilakukan perhitungan di studio. Jadi berusaha melakukan pengukuran pada debit air menggunakan *current meter*, elevasi, diameter sungai, serta *plotting* di tiap perencanaan posisi ideal bagi pondasi konstruksi. Rancangan konstruksi pengairan yang akan diterapkan adalah *intake* dan bendungan pada elevasi 421,5 m, saluran pembawa (siring) di elevasi 421,5-420,5 m dengan *slope* 5° menuju bak penampung, bak penampung berada di elevasi 420,5 m, *penstock* akan menjatuhkan air ke arah *power house* dengan estimasi *head* 7 m. Perhitungan dilakukan untuk menganalisis potensi energi air hingga estimasi energi daya yang dihasilkan. PLTMH Pulau Timun mengoptimalkan debit aliran 2,55 m³/s dari lebar Sungai Air Mannaijau yang mencapai 7,5 m serta kedalamn sungai rata-rata 0,38 m. Berdasarkan data pengukuran hidrografi dan topografi tersebut, maka Sungai Air Mannaijau diestimasikan mampu mewujudkan potensi daya total pembangkit listrik sebesar 87,46 kW.

Kata kunci: Listrik, PLTMH, Pulau Timun, Sungai Air Mannaijau.

ABSTRACT

South Sumatra has a hilly area with a potential river that can be developed Micro-Hydro Power Plant (PLTMH) is large enough, and the area of settlement in the area mostly have limitations on the power grid. In relation to such conditions, the calculation of PLTMH resources from the potential of the Air Mannaijau River will certainly increase the productivity and / or welfare of the community in Pulau Timun Village, Tanjung Sakti Sub-district, Lahat Regency. This research is based on descriptive-observative that is based on field measurement result, then done calculation in studio. So try to make measurements on the water discharge using current meter, elevation, river diameter, and plotting in each ideal position planning for the construction foundation. The irrigation construction design to be applied is intake and dam at 421.5 m elevation, channel at 421.5-420.5 m elevation with slope 5° to forebay, forebay at elevation 420,5 m, penstock will drop water towards power house with 7 m head estimation. The calculation is done to analyze the potential of water energy to estimate the energy of power generated. PLTMH Pulau Timun optimizes the flow rate of 2.55 m³/s from the width of Air Mannaijau River which reaches 7.5 m and into the river averages 0.38 m. Based on the measurement of hydrography and topography data, the Air Mannaijau River is estimated to be able to realize the total potential of the power plant of 87.46 kW.

Keyword: Electricity, micro-hydro power plant, Pulau Timun, Air Mannaijau River

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik secara umum terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk, industri, dan usaha ekonomi lainnya. PT. PLN sebagai perusahaan negara yang bergerak di bidang perlistrikan sampai saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan akan listrik, terutama untuk daerah terpencil (Endardjo, 1998). Oleh karena itu, upaya-upaya untuk mendukung kebutuhan energi listrik bagi masyarakat di daerah-daerah yang belum terjangkau jaringan listrik PLN perlu dilakukan secara lebih intensif. Salah satu upaya yang bisa dilakukan yaitu pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan memanfaatkan potensi sumberdaya lokal.

Pemenuhan kebutuhan akan energi listrik di Sumatera Selatan belum dapat terdistribusi secara merata di sebagian besar wilayahnya. Sumatera Selatan memiliki wilayah perbukitan dengan potensi mikrohidro cukup besar, dan areal permukiman di daerah tersebut sebagian besar belum mempunyai jaringan listrik PLN. Sehubungan dengan kondisi seperti itu, pengembangan PLTMH tentunya akan meningkatkan produktifitas dan/atau kesejahteraan masyarakat dalam arti luas. Daerah perbukitan yang termasuk ke dalam Provinsi Sumatera Selatan merupakan bagian dari jalur Pegunungan Bukit Barisan yang berada di wilayah Kabupaten Lahat. Kegiatan studi kelayakan yang dilakukan ini mengambil lokasi di wilayah kabupaten tersebut.

Upaya untuk mengatasi keterbatasan distribusi jaringan listrik di desa terpencil perlu didasarkan pada pengembangan pembangkit listrik skala kecil yang berbasis potensi energi alamiah setempat. Dengan pola pengembangan seperti itu, maka pembangunan

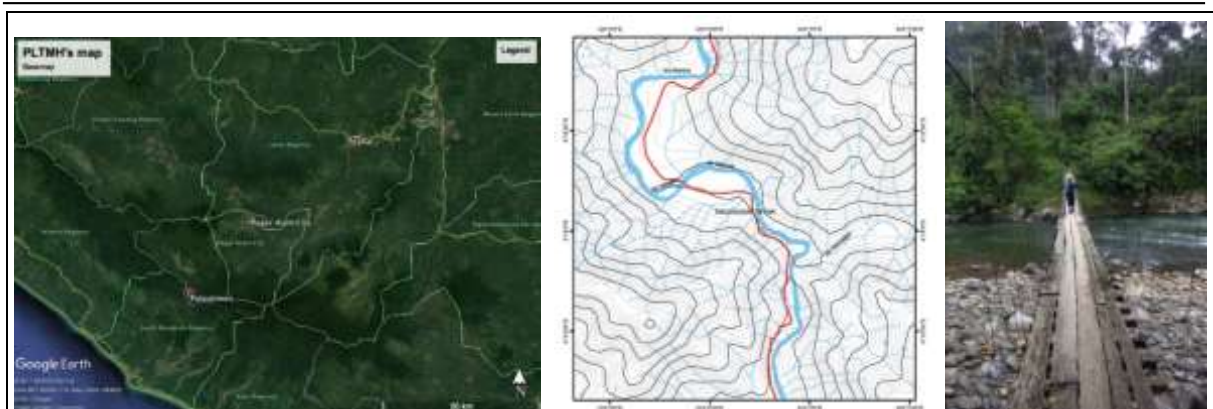
pembangkit listrik skala kecil akan meningkatkan rasio elektrifikasi, yang berarti pula semakin banyak penduduk yang terpenuhi kebutuhan akan listriknya (Alkaisi, 2017).

Kabupaten Lahat memiliki potensi sungai yang dapat dikembangkan menjadi pembangkit tenaga listrik skala kecil (mikrohidro). Pengembangan PLTMH di daerah tersebut sangat memungkinkan karena sebagian besar bentang alamnya memperlihatkan topografi perbukitan dan pegunungan yang dialiri banyak sungai berstadia muda, memiliki jeram, dan aliran air deras dengan *stream gradient* yang cukup besar. Sungai-sungai tersebut sebagian besar merupakan sungai permanen, sehingga sungai akan tetap berair meskipun debit air menurun pada musim kemarau panjang.

Penentuan lokasi studi didasarkan pada hasil survei pendahuluan yang dilakukan di beberapa sungai yang tergolong potensial. Awal survei dilakukan peninjauan dan pengamatan kondisi sungai, dan pada tahap selanjutnya ditentukan lokasi sungai untuk studi kelayakan, yaitu Sungai Air Mannajau Desa Pulau Timun, Kecamatan Tanjung Sakti, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan (Gbr 1).

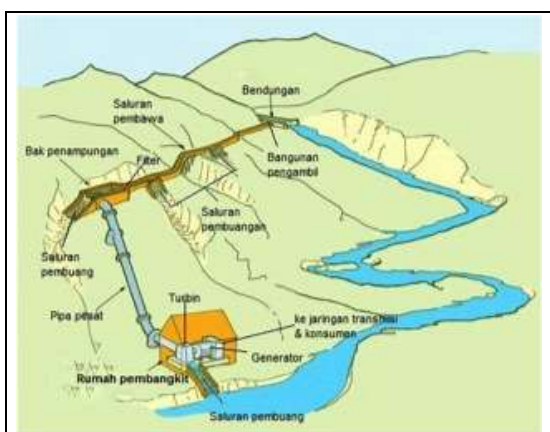
Akses pencapaian lokasi penelitian dari Palembang (ibukota Sumatera Selatan), sebagai berikut:

- a. Palembang-Pagar Alam: melalui jalan lintas provinsi, waktu tempuh \pm 8 jam.
- b. Pagar Alam-Desa Pulau Timun: melalui jalan lintas kabupaten, waktu tempuh \pm 2 jam.
- c. Desa Pulau Timun-Sungai Air Mannajau (lokasi PLTMH) melalui jalan aspal sejauh \pm 800 m, dilanjutkan dengan berjalan kaki sejauh \pm 300 m melalui jalan setapak yang melewati perbukitan, lembah, dan Sungai Manna yang dapat diseberangi melalui jembatan gantung yang kondisinya kurang baik (Gbr 1).



Gbr 1. Peta lokasi penelitian di Desa Pulau Timun (kiri). posisi Sungai Air Mannajau berjarak ±300m ke timur Sungai Air Manna, pada peta ditunjukkan juga jaringan jalan yang bisa dipergunakan sebagai akses menuju lokasi survei menggunakan kendaraan (tengah). Akses jembatan gantung yang harus dilewati untuk mencapai lokasi Sungai Air Mannajau (kanan).

Sungai Air Mannajau bermuara dari Perbukitan Rajamendara (2.226 mdpl) dan mengalir ke barat sampai ke muara Sungai Air Manna. Berdasarkan debit airnya, sungai ini bersifat permanen yaitu selalu berair meskipun pada musim kemarau panjang, menurut pengamatan penduduk saat kemarau panjang. Signe (2017), mengatakan bahwa selain dari perspektif debitnya, potensi sungai sebagai pembangkit PLTMH dapat juga didasarkan pada jeram atau air terjun yang banyak dijumpai pada aliran sungai ini.



Gbr 2. Skema PLTMH (ESHA, 2010).

METODE PENELITIAN

Secara teknis PLTMH memiliki tiga komponen utama yaitu air (hidro), turbin,

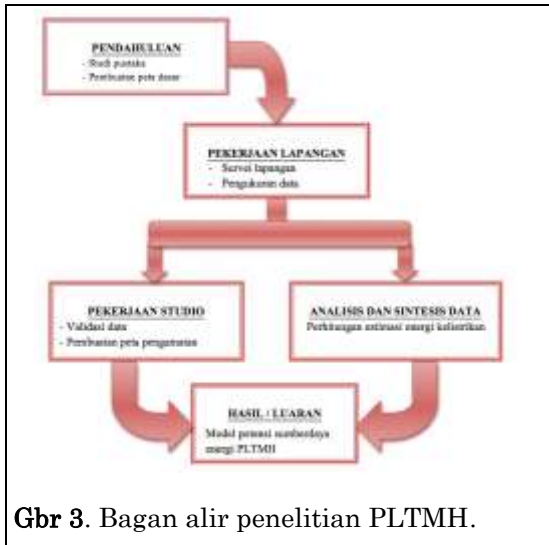
dan generator. Prinsip kerja dari PLTMH sendiri pada dasarnya sama dengan PLTA hanya saja PLTMH kapasitasnya tidak begitu besar. PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian atau sudut kemiringan dan jumlah debit air per detik yang ada pada saluran irigasi, sungai, serta air terjun. Aliran air akan memutar turbin sehingga akan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik turbin akan memutar generator dan generator menghasilkan listrik (Gbr 2).

Menurut Nasir (2014), prinsip kerja dari PLTMH adalah sebagai berikut:

- Aliran sungai dibendung agar mendapatkan debit air (Q) dan tinggi jatuh air (H), kemudian air yang dihasilkan disalurkan melalui saluran penghantar air menuju kolam penenang.
- Kolam penenang dihubungkan dengan pipa pesat, dan pada bagian paling bawah di pasang turbin air.
- Turbin air akan berputar setelah mendapat tekanan air (P), dan perputaran turbin dimanfaatkan untuk memutar generator.
- Setelah mendapat putaran yang konstan maka generator akan menghasilkan tegangan listrik, yang dikirim ke konsumen melalui saluran distribusi.

Penelitian mengenai potensi PLTMH dilakukan dengan dua tahap, yaitu:

1) pendahuluan atau persiapan; 2) kerja lapangan; 3) kerja studio; hingga 4) analisis dan sintesis data (Gbr 3). Pada setiap pentahapan dilakukan suatu pendekatan yang sesuai dengan karakteristik masing-masing subkegiatan.



Gbr 3. Bagan alir penelitian PLTMH.

Kegiatan pendahuluan dilakukan untuk mengevaluasi potensi mikrohidro berdasarkan pada paket informasi atau data terdahulu. Dari hasil kajian pendahuluan diperoleh urutan kelayakan dari potensi mikrohidro. Sedangkan, survei lapangan dilakukan untuk memberikan data kelayakan bagi pembangunan PLTMH di wilayah tersebut. Fokus dari survei lapangan adalah pengamatan hidrologi, penyelidikan geologi, evaluasi konstruksi pengairan, mekanikal dan elektrik.

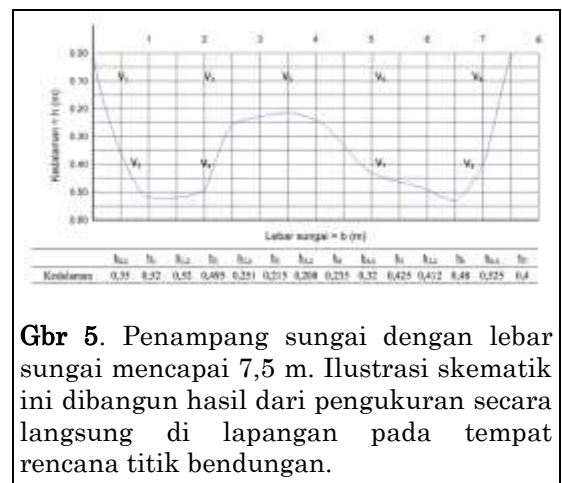
HASIL PENELITIAN

Pola pengaliran Sungai Air Mannaijau lebih dikontrol oleh faktor kelerengan wilayah, dimana sebagian besar anak sungai mengalir mengikuti *slope* perbukitan yang miring ke selatan dan pada akhirnya bermuara ke Samudera Hindia. Sungai ini berstadia muda, dicirikan dengan aliran deras, dan dijumpai banyak jeram atau air terjun skala kecil. Sungai mengalir di atas endapan aluvial atau *alluvial stream* (Gbr 4), yang terdiri dari material endapan batuan beku andesit berukuran antara *granule* sampai *boulder*.



Gbr 4. Bongkah batuan yang terdapat pada permukaan sungai.

Dalam kegiatan survei hidrologi dilakukan juga pengukuran arus sungai dalam rangka mendapatkan data debit air sungai. Kegiatan ini dilaksanakan pada saat akhir dari musim kemarau. Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan di 9 titik (Gbr 5) dengan menempatkan alat ukur sedikit di bawah permukaan dan pada dasar sungai (V1-9). Posisi pengukuran arus sungai diperlihatkan secara skematik pada Gambar 5, sedang hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1.



Gbr 5. Penampang sungai dengan lebar sungai mencapai 7,5 m. Ilustrasi skematik ini dibangun hasil dari pengukuran secara langsung di lapangan pada tempat rencana titik bendungan.

Tabel 1. Hasil pengukuran *curent meter*.

| | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ | X ₈ | X ₉ | Rata ² |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| <i>Signal</i> | 19 | 17 | 36 | 25 | 22 | 21 | 13 | 28 | 24 | 22,8 |

Berdasarkan data hasil pengukuran lapangan, dapat dinyatakan bahwa:

- Lebar sungai (b) = 7,5 m
- Kedalaman sungai rata-rata (d) = 0,38 m
- Luas penampang sungai (Barelli, 2017):
 $(A) = b \times d = 7,5 \times 0,38 = 2,87 \text{ m}^2$
- Jumlah *signal curent meter* rata-rata:
 $(X_{1-9}) = 22,8 \text{ (m/detik)}$
- Banyaknya putaran propeler *curent meter* per detik (N) = $(X_{1-9} \times 20) / 60$
 $= (22,8 \times 20) / 60 = 7,6$
- Kecepatan aliran sungai rata-rata:
 $(V) = 0,115 \times 7,6 + 0,015 = 0,889 \text{ m/dt}$
- Debit air sungai (Barelli, 2017):
 $(Q) = A \times V = 2,87 \text{ m}^2 \times 0,889 \text{ m/dt}$
 $= 2,55 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dari hasil pengamatan geologi lapangan dapat diketahui bahwa Sungai Air Mannaijau memiliki potensi cukup besar material atau batuan yang dapat dipergunakan sebagai bahan konstruksi sipil. Bahan bangunan dimaksud bisa diperoleh dari semua formasi yang dilalui aliran sungai, terutama yang mengandung batuan beku seperti granit, dan lava andesit-basal. Perlu ditekankan di sini bahwa pengambilan material untuk konstruksi sebaiknya berasal dari batuan yang masih segar (*fresh*), karena sebagian besar yang tersingkap di permukaan telah mengalami pelapukan. Endapan aluvial sungai yang berupa batuan beku andesit dapat juga dimanfaatkan untuk keperluan tersebut.

Seperti telah diuraikan di atas bahwa pengembangan PLTMH ini secara teknis dapat mendasarkan pada debit air dan karakteristik sungai yang memiliki aliran air deras dan air terjun (Nasir, 2014). Demikian juga dengan aspek non-teknik tampaknya mendukung untuk tujuan tersebut. Lokasi bangunan konstruksi PLTMH ini terletak di hulu yang memiliki beda elevasi cukup signifikan, sehingga akan mendapatkan debit air untuk pembangkit (Gbr 6). Adapun konstruksi pengaliran untuk PLTMH sebagai berikut:

a. bendungan dan saluran masuk (*intake*)

Rencana penempatan *intake* dan bendung berada di koordinat 103,0873° LS, 4,2337° BT dan ketinggian 421,50 mdpl.

Pemilihan lokasi *intake* berdasarkan pada kondisi aliran sungai yang lurus, sehingga arus deras dan volume air besar dapat diperoleh (Gbr 7). Selain itu, ketinggian lokasi menjadi pertimbangan juga dalam menentukan letak *intake* agar air dapat mengalir dengan lancar di sepanjang siring menuju ke bak pengendap (Nalendra, 2016).

Konstruksi *intake*/bendung dibuat dari beton dengan menggunakan material atau batuan yang tersedia di sekitar ataupun di aliran sungai.



Gbr 6. Posisi konstruksi PLTMH yang menggambarkan jarak saluran pembawa 285 m.



Gbr 7. Lokasi *intake* berada bagian hulu Sungai Air Mannaijau.

b. Saluran pembawa (siring)

Air dari *intake* yang berada di aliran sungai disalurkan melalui siring sepanjang sekitar 285 m. Siring terletak di pinggir sungai sebelah utara dengan ketinggian

antara 421,5 mdpl dan 420,5 mdpl dengan kemiringan rata-rata 5° menuju *forebay*. Jenis konstruksi siring berupa beton dengan menggunakan material yang ada disekitar dan lokasi sungai.

c. Bak pengendap (*forebay*)

Forebay berada ujung saluran pembawa dengan lokasi disekitar koordinat 103,0855° LS dan 4,2349,5° LU dan ketinggian 420,50 mdpl. Dari sini air akan dijatuhkan melalui *penstock*/pipa pesat kearah turbin atau *power house*.

d. Saringan untuk menyaring sampah agar tidak masuk ke pipa pesat

Air yang masuk ke dalam *forebay* disaring agar terhindar dari kotoran yang ada sebelum diterjunkan ke *power house* melalui *penstock* /pipa pesat.

e. Pipa pesat (*penstock*)

Untuk menerjunkan air dari ketinggian 420,50 mdpl yang ada pada *forebay* ke arah turbin di *power house* digunakan *penstock*. Konstruksi *penstock* menggunakan pipa baja. Jarak mendatar antara *forebay* dan *power house* adalah 10,04 m dengan *head* setinggi 7 m.

f. Rumah pembangkit (*power house*)

Power house terletak pada ketinggian 413,5 mdpl. Didalam *power house* diletakkan turbin yang digerakkan oleh tenaga air yang diterjunkan melalaui *penstock*.

Secara umum material untuk konstruksi PLTMH ini dapat menggunakan batu kali yang disusun dan diikat dengan semen. Untuk pipa penstock dapat digunakan pipa baja.

Potensi energi air yang akan dimanfaatkan untuk kebutuhan pusat PLTMH ditentukan dari besarnya debit aliran sungai dan tinggi terjun air atau *head* (beda tinggi) yang terdapat di daerah sekitar aliran sungai. Perhitungan tinggi terjun air dilakukan dengan pengukuran topografi di sekitar aliran sungai (Tabel 2). Pengukuran ini dimaksudkan untuk

mencari ketinggian maksimal untuk penerjunan air dari saluran pembawa ke *power house* agar dapat menghasilkan energi atau daya yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk PLTMH. Aliran air sungai yang akan dimanfaatkan untuk PLTMH adalah aliran air deras, sehingga pengukuran terhadap tinggi terjun sungai atau air terjun yang ada di sungai Air Manna Hijau tidak dilakukan.

Tabel 2. *Head* dan panjang siring di Sungai Air Mannaijau.

| No | Uraian | Hasil Pengukuran |
|----|-------------------------|------------------|
| 1 | Tinggi terjun sungai *) | < 1 m |
| 2 | <i>Head</i> PLTMH **) | 7 m |
| 3 | Panjang siring | 285 m |

*) Tinggi terjun sungai sangat kecil, sehingga memanfaatkan air deras.
 **) *Head* PLTMH merupakan tinggi terjun setelah air dialirkan melalui siring.

Besarnya potensi daya atau energi aliran sungai dapat ditentukan berdasarkan debit air dan *head* dengan menggunakan formula sebagai berikut (Signe, 2017):

$$P = \eta \times g \times Q \times H$$

dimana,

- P = Potensi daya pembangkitan (kW)
- Q = Debit sungai (m³/dt)
- H = *Head* (m)
- g = Gaya gravitasi bumi (9,8 m/dt²)
- η = Efisiensi pembangkit (asumsi 50%)

Dengan menggunakan rumus di atas diperoleh nilai daya (Tabel 3), dalam perhitungan digunakan asumsi efisiensi pembangkit sebesar 50%.

Tabel 3. Potensi daya pembangkitan

| No | Uraian | Hasil |
|----|--------------------------|-------------------------|
| 1 | Debit sungai *) (Q) | 2,55 m ³ /dt |
| 2 | <i>Head</i> (H) | 7 m |
| 3 | Gaya grafitasi (g) | 9,8 m/dt ² |
| 4 | Efisiensi pembangkit (η) | 50% |
| 5 | Potensi (P) | 87,46 KW |

Debit air sungai diukur pada saat mulai musin penghujan di bulan Agustus 2017

Potensi untuk pembangunan PLTMH Sungai Air Mannaijau pada prinsipnya mendasarkan pada hasil pengamatan dan pengukuran lapangan seperti yang telah disampaikan di atas. Yah (2017), menegaskan bahwa berbagai variabel yang terkait dengan aspek teknis yang dijumpai di daerah penelitian menjadi basis dalam penilaian potensi PLTMH.

Pertimbangan teknis yang utama dalam upaya pengembangan PLTMH di Sungai Air Mannaijau terfokus pada kondisi geologi termasuk keadaan topografi dan karakteristik sungai, serta rencana teknik dalam pembangunan konstruksi sipil seperti penentuan lokasi *intake* dan bendung, siring, *forebay*, dan *power house*. Potensi

akan ditentukan pula berdasarkan pada perhitungan elektrik dan mekanikal yang meliputi potensi energi air dan potensi daya.

KESIMPULAN

Rangkuman kajian faktor keteknikan Sungai Air Mannaijau untuk pembangunan PLTMH disajikan dalam Tabel 4. Berdasarkan perhitungan potensi sumberdaya PLTMH, maka hasil kajian keteknikan ini dapat dijadikan sebagai pedoman untuk langkah lanjut dalam menyusun kajian non keteknikan seperti jarak PLTMH ke desa pengguna, jumlah calon pengguna dll. guna menentukan kelayakan PLTMH (Signe, 2017).

Tabel 6.4. Faktor keteknikan Sungai Air Mannaijau dalam potensi PLTMH.

| Faktor | Diskripsi | Potensi | Kendala |
|----------------------|---|---|--|
| Hidrologi | Sungai memiliki aliran air deras dengan kecepatan rata-rata 0,889 m/dt, jeram dengan tinggi terjun air <1,0 m, dan sungai permanen dengan debit rata-rata 2,55 m ³ /dt. | Potensi dengan memanfaatkan aliran air deras. | - |
| Geologi | Sekitar aliran sungai didominasi oleh batuan beku dan vulkanik, sehingga kelerengan topografi cenderung stabil, dan tersedia potensi material agregat kasar untuk bangunan sipil. Topografi yang lebih tinggi di sekitar aliran sungai, batuan telah mengalami pelapukan cukup lanjut, sehingga soil cukup tebal dan bisa dilakukan penggalian untuk keperluan pembuatan siring. | Potensi | Batuan beku dan vulkanik cenderung akan menyulitkan dalam upaya penggalian. |
| Konstruksi pengairan | <u>Intake</u> berada di ketinggian 421,5 m. Jalur siring dibuat dari susunan batu kali sepanjang 285 m dengan menggali tanah sedalam 75 cm pada ketinggian 421,5-420,5 m. <u>Forebay</u> di ketinggian 420,5 m. <u>Power house</u> diletakkan di ketinggian 413,5 m dan 3 m dari tepi sungai. | Potensi tetapi perlu peralatan yang memadai untuk penggalian pada lokasi bangunan yang berbatu dengan ukuran bongkah batuan beku. | Aksesibilitas dalam pengangkutan bahan bangunan non-agregat kasar dan peralatan PLTMH. |
| Potensi energi | <u>Head</u> setinggi 7 m. Daya pembangkit 87,46 KW. | Potensi, cukup kebutuhan listrik. | - |

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada pihak Universitas Sriwijaya atas hibah riset

yang dipercayakan kepada kami. Serta kepada Sdr. Addiansyah atas sumbangsih tenaga saat akuisisi dan pengukuran data selama di lapangan.

PUSTAKA

- Alkaisi, A., Mossad, R., Sharifian-Barforoush, A., 2017. *A review of the water desalination systems integrated with renewable energy*. Energy Procedia, Elsevier. vol.110, p.268-274.
- Barelli, L., Liucci, L., Ottaviano, A., Valigi, D., 2013. *Mini-hydro: A design approach in case of torrential rivers* Energy, Elsevier. vol.58, p.695-706.
- Endardjo, P., 1988. *Micro-hydro technology in water resources utilization for rural development*. In ICID, The Tenth Afro-Asian Regional Conference Proceedings: Water and land resources development and management for sustainable use, Denpasar, Bali, Indonesia, 19-24 July 1998. Volume II – A. Jakarta, Indonesia: Indonesian National Committee on Irrigation and Drainage (INACID) p.A16:1-7.
- European Small Hydropower Association (ESHA), 2010. *Small Hydropower Roadmap: Condensed research data for EU-27*.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistikan, Kementerian ESDM, 2017. *Kebijakan Pemerintah dalam Pembangunan Infrastruktur Penyediaan Tenaga Listrik*. Ditjen Ketenagalistikan, Kemen. ESDM. Jakarta.
- Nasir, A. B., 2014. *Design Considerations of Micro-Hydro-Electric Power Plant*. Energy Procedia, Elsevier. vol.50, p.19-29.
- Nalendra, S., 2016. *Kendali Geologi Terhadap Rekayasa Tata Letak Konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro (PLMH) Daerah Air Terjun Riam Manangar, Kalimantan Barat*. Prosiding Semnas AVoER 8. pp. 586-598. ISSN 979-587-617-1.
- Signe, E.B.K., Hamandjoda, O., Nganhou, J., 2017. *Methodology of Feasibility Studies of Micro-Hydro power plants in Cameroon: Case of the Micro-hydro of KEMKEN*. Energy Procedia, Elsevier. vol.119, p.17-28.
- Yah, N.F., Oumer, A.N., 2017. *Small scale hydro-power as a source of renewable energy in Malaysia: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier. vol.72, p.228-239.